SNI

SNI 03-6455.5-2000

Standar Nasional Indonesia

Metode pengukuran debit pada saluran terbuka dengan ambang tajam persegi panjang

ICS 93.140

Badan Standardisasi Nasional

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

DAFTAR ISI

		Hal.
1.	Ruang Lingkup.....	1
2.	Acuan.....	1
3.	Pengertian.....	1
4.	Penggunaan.....	2
5.	Bentuk dan Ukuran Ambang Tajam.....	2
6.	Kontraksi Ambang.....	3
7.	Lokasi Pengukuran Tinggi Muka Air.....	3
8.	Debit dan Batas Pemakaian Penerapan.....	4
9.	Rongga Udara.....	5
10.	Saluran Masuk/Pengarah.....	5
11.	Ambang Pada Aliran Tidak Sempurna.....	6
12.	Tabung Penukur dan Penghubung.....	6
13.	Kalibrasi.....	7
	Lampiran A : Daftar Istilah.....	7
	Lampiran B : Daftar Nama dan Lembaga.....	B1

1. Ruang Lingkup

Metode pengukuran debit pada saluran terbuka dengan alat ukur ambang tajam persegi panjang dimaksudkan untuk mengukur debit air dan air limbah.

Ruang lingkup yang dibahas dalam metode pengukuran ini meliputi :

- penggunaan, ketelitian dan peralatan;
- bentuk dan ukuran;
- kontraksi ambang;
- lokasi pengukuran tinggi muka;
- debit dan batasan penerapan;
- rongga udara;
- saluran masuk/pengarah;
- aliran tidak sempurna;
- tabung pengukur dan penghubung;
- kalibrasi.

2. Acuan

ASTM D 5242-92, Standard Test Methods for Open-Channel Flow Measurement of Water with Thin-Plate Weirs

3. Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengukuran debit ini yaitu :

1) **Mercu ambang ukur** adalah bagian sisi puncak ambang tajam berbentuk segi empat;

2) **Tinggi muka air** adalah ketinggian muka air di atas titik tertentu misalnya mercu ambang;

3) **Loncatan air** adalah perubahan mendadak dari aliran super kritis ke sub kritis atau aliran tenang;

4) **Apron** adalah garis arus bawah dari ambang.

5) **Celah aliran** adalah bagian limpasan ambang tajam persegi panjang dengan kontraksi samping;

6) **Kelengkapan pokok bangunan ukur** adalah ambang bendung diantaranya celah;

7) **Pelampung duga air** adalah sebuah pelampung dalam air untuk mengukur kedalaman yang biasanya digantungkan pada konsol;

8) **Kelengkapan pendukung** adalah alat untuk mengukur ketinggian muka air tipe normal dan otomatis yang ditempatkan di udik ambang;

9) **Tabung pengukur muka air** adalah sebuah tabung penampung air dengan permukaan bebas kecil yang dihubungkan dengan saluran masuk di bagian udik ambang sehingga dapat dilakukan pengukuran kedalaman (tinggi muka air) dalam keadaan diam;

10) **Aliran kritis** adalah aliran dengan kecepatan kritis dimana energi spesifiknya minimum atau bilangan Froude = 1.

11) **Aliran super kritis** adalah aliran dengan kecepatan lebih besar dari kecepatan kritis atau bilangan Froude > 1.

12) **Aliran sub kritis** adalah aliran dengan kecepatan lebih kecil dari pada kecepatan kritis atau bilangan Froude < 1.

13) **Aliran tidak sempurna** adalah aliran melalui ambang dimana tinggi muka air udik dipengaruhi oleh tinggi muka air hilir.

14) **Muka air hilir** adalah ketinggian muka air hilir di lokasi tertentu hilir ambang.

4. Penggunaan, Gangguan dan Peralatan

4.1 Penggunaan

1) Ambang tajam merupakan alat sederhana dengan potensi untuk pengukuran debit yang sangat tepat. Dengan penentuan bentuk bagian limpasan yang tepat, dapat ditentukan jumlah debit; rekomendasi metoda uji ini berdasar pada percobaan dengan rentang debit dari 0,23 L/s sampai dengan 1400 L/s.

2) Ambang tajam khususnya tepat digunakan untuk air dan atau air limbah, pada lokasi dimana diperoleh perbedaan tinggi muka air yang cukup (aliran sempurna).

4.2 Gangguan

1) Kemungkinan terjadinya endapan di bagian udik ambang dapat berpengaruh terhadap debit yang diukur.

2) Ambang tajam hanya dapat diterapkan untuk aliran pada saluran terbuka .

4.3 Peralatan

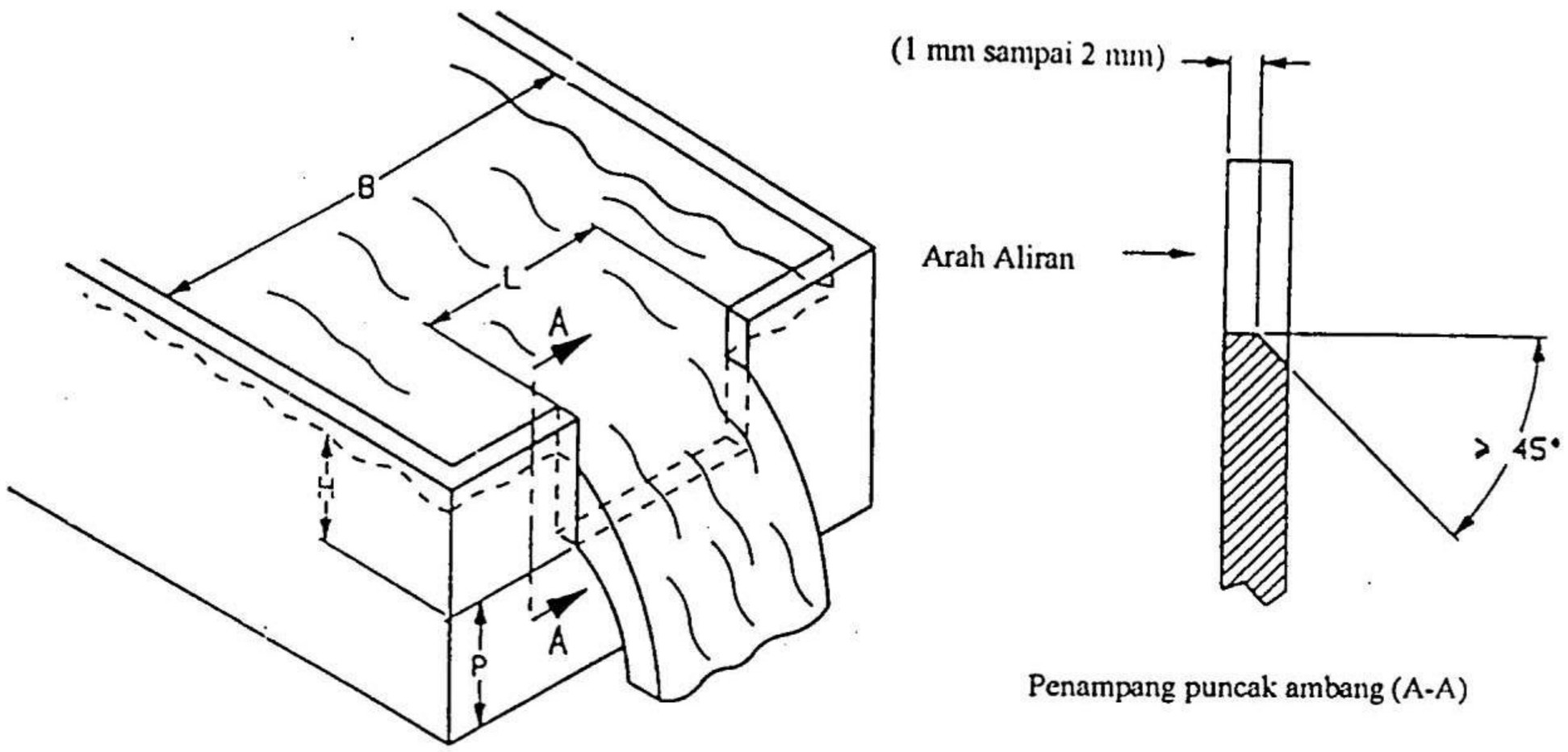
Kelengkapan bangunan ukur ambang tajam terdiri dari dinding saluran, tubuh ambang, pelat ambang, dan alat ukur tinggi muka air.

Instrumen kelengkapan pendukung terdiri dari pengukur tinggi muka air manual dan otomatis untuk mendapatkan debit sesaat dan hidrograf.

5. Bentuk dan Ukuran Ambang Tajam

5.1. Bentuk Ambang

Bentuk penampang pelimpah aliran dari ambang tajam yaitu penampang pelimpah berbentuk empat persegi panjang. Selanjutnya bentuk penampang dapat diperhatikan pada Gambar 1.



Penampang puncak ambang (A-A)

Penampang pelimpah ambang tajam empat persegi panjang

Gambar 1. Ambang tajam persegi panjang

5.2.Ukuran dan Persyaratan Pelat Ambang

1) Ketebalan pelat puncak pada arah aliran harus berukuran kira-kira 1 sampai 2 mm; batas bawah yang diperlukan untuk mengurangi kerusakan berpotensi, dan batas atas diperlukan untuk menghindari kesalahan hasil perhitungan. Untuk pelat dengan ketebalan lebih dari 2 mm, pelat harus dibuat dari bahan logam halus atau bahan lain dengan kekuatan dan permukaan rata yang sama. Sudut di bagian udik limpasan harus tajam dan harus rata, tidak kasar, dan tegak lurus terhadap permukaan ambang.

2) Bidang pelat ambang tajam harus vertikal dan tegak lurus terhadap dinding saluran.

3) Ambang tajam sebagai bendung harus terpasang dengan kuat dalam saluran sehingga tidak terjadi kebocoran disekelilingnya, dan dapat dibuat ruang dilokasi di hilir.

4) Jika pelat lebih tebal dari 2 mm, maka kelebihan bidang di bagian hilir sisi limpasan harus diukur pada sudut sekurang-kurangnya 45° seperti terlihat pada Gambar 1. Jika ditemukan kontraksi sisi, semua persyaratan sisi metoda uji ini berlaku untuk sisi maupun mercu. Sisi-sisi harus tegak lurus terhadap puncak dan puncak harus rata, sebaiknya dalam kemiringan 0,001. Bagian udik, pelat udik harus rata dan tegak.

6. Kontraksi Ambang

6.1 Konstraksi pada ambang adalah jika tembok sisi dan dasar dari saluran pengarah cukup jauh dari sisi bagian puncak, sehingga kontraksi nappe tidak terpengaruhi oleh batasan-batasan ini maka ambang dapat diistilahkan sebagai berkontraksi penuh. Dengan jarak lebih pendek terhadap dasar atau dinding sisi, atau kedua-duanya, ambang tersebut hanya berkontraksi sebagian. Persyaratan kontraksi lihat pada butir 6.2.

6.2 Persyaratan kontraksi

1) Bagian limpasan empat persegi panjang dapat mempunyai kontraksi penuh atau sebagian atau kontraksi samping.

2) Ambang bertekan; jika tidak terdapat kontraksi pada sisi dan mercu ambang melebihi lebar saluran maka ambang disebut sebagai "berlebar penuh atau bertekan". Dalam hal ini saluran masuk harus empat persegi panjang dan dinding saluran harus harus mencakup sekurang-kuranya 0,3 H bagian hilir pelat ambang

3) Ambang empat persegi panjang berkontraksi; kondisi kontraksi penuh adalah sebagai berikut :

$H / P \leq 0,5$

$H / L \leq 0,5$

$0,08\ m \leq H \leq 0,6\ m$

$L \geq 0,3\ m$

$P \geq 0,3\ m$

$(B - L)/2 \geq 2\ H$

keterangan :

H adalah tinggi muka air yang terukur

P adalah tinggi mercu di atas dasar saluran

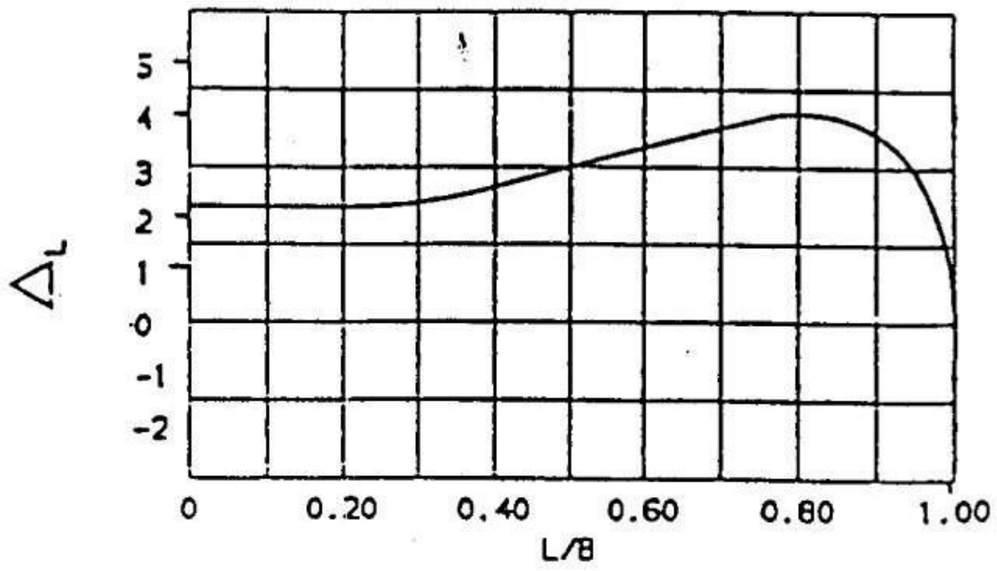
L adalah panjang mercu

B adalah lebar saluran

4) Kondisi kontraksi sebagian yang dijabarkan oleh metoda uji ini dapat dilihat pada butir 8.2.

7. Lokasi Pengukuran Tinggi Muka Air

Lokasi pengukuran tinggi muka air H, diukur sebagai kedalaman di atas elevasi mercu. Pengukuran tersebut harus dilakukan pada jarak di bagian udik ambang yang sama dengan $4H_{max}$ sampai dengan $5H_{max}$ dimana H_{max} merupakan tinggi muka air udik maksimum.



Gambar 2. Penyesuaian panjang mercu, Δ_L

8. Debit dan Batasan Penerapan

8.1 Rumus Debit

Debit, q, yang melimpah di atas mercu ambang tajam empat persegi panjang yang memenuhi persyaratan yang tercantum pada butir 5 dan maupun kondisi aliran masuk seperti disebut pada butir 10 ditentukan dari persamaan Kindsvater-Carter.

Rumus debit yaitu :

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)(2g)^{1/2}\ C_e L_e\ (H_e)^{3/2} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan :

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

He = tinggi muka air (m)

Le = panjang bentang mercu ambang efektif (m)

Ce = koefisien debit

Tinggi muka air efektif He, dihubungkan dengan muka air terukur, H, oleh :

$$H_e = H + \delta H$$

Keterangan :

δH = penyesuaian yang ditentukan berdasarkan percobaan sebagai akibat yang disebabkan oleh kekentalan dan tegangan permukaan yang berlaku untuk air pada suhu normal (kira-kira 4-30°C); nilainya tetap konstan pada 0,001 m.

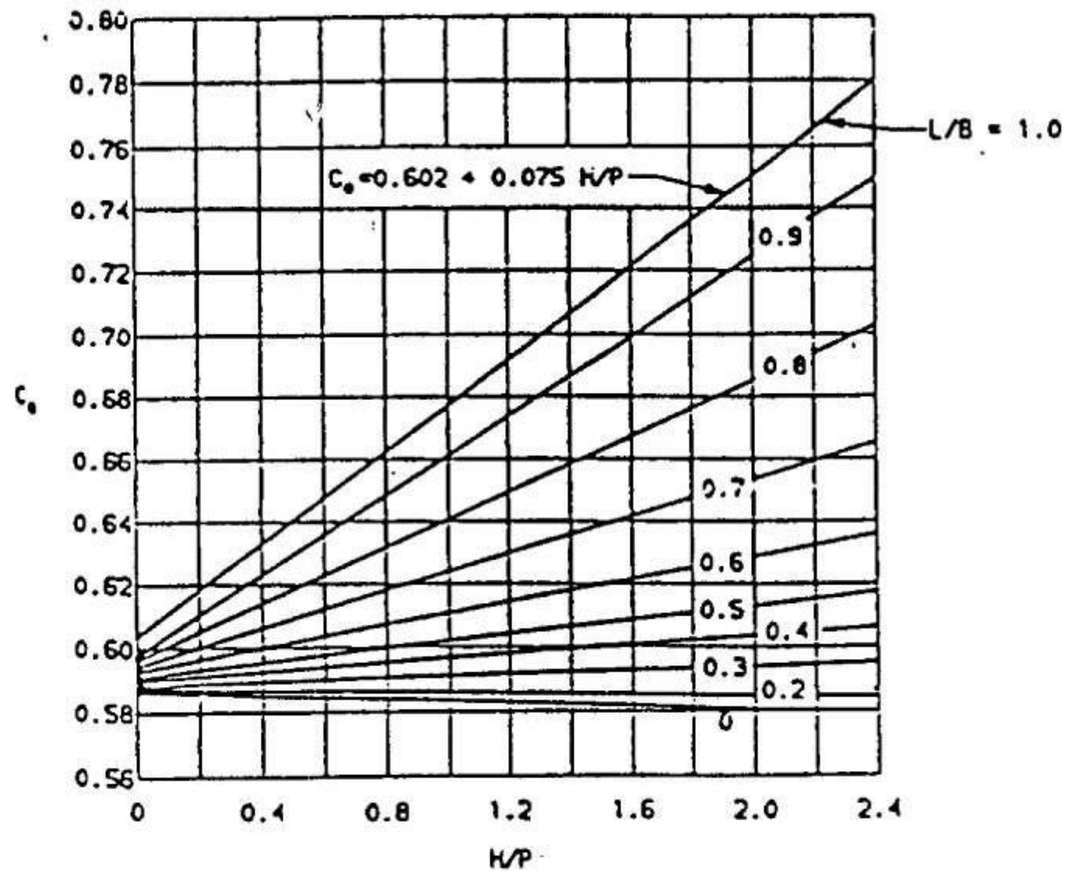
Panjang bentang mercu efektif Le, dihubungkan dengan panjang terukur, L, oleh :

$$L_e = L + \delta L$$

Keterangan :

δL = merupakan fungsi panjang bentang mercu terhadap ratio lebar saluran, L/B.

Nilai-nilai yang ditentukan berdasarkan percobaan δL untuk air pada suhu biasa terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Koefisien debit, C_e untuk ambang tajam empat persegi panjang

8.2 Batasan Penerapan

Hubungan debit sebagaimana disebut di butir 8.1 dapat diterapkan untuk kondisi-kondisi :

$H / P \leq 2$

$H \geq 0{,}03$ m

$L \geq 0{,}15$ m

$P \geq 0{,}1$ m

Walaupun secara prinsip persamaan 1 dapat diterapkan pada bendung besar, persamaan ini yang menjadi dasar percobaan-percobaan mencakup juga panjang bentang mercu sampai 1,2 m dan mencapai tinggi di atas mercu kira-kira 0,6 m; dianjurkan supaya nilai-nilai ini tidak terlampau jauh dilampaui.

9. Rongga Udara

Untuk mencegah terjadinya aliran melekat pada dinding ambang (*Nappe Clinging*) dan agar pengudaraan yang tepat dan tetap dapat dipertahankan maka tinggi air hilir harus selalu berada sekurang-kurangnya 0,06 m di bawah mercu ambang.

10. Saluran Masuk/Pengarah

10.1 Ambang tajam persegi panjang ini sangat peka terhadap keadaan air masuk, oleh sebab itu aliran harus tenang dan terbagi secara merata dalam penampang saluran supaya kondisi aliran mendekati hubungan debit yang diperoleh berdasarkan percobaan-percobaan. Untuk tujuan tersebut distribusi kecepatan aliran harus merata, saluran harus cukup panjang, lurus dan permukaan cukup licin. Sayangnya tidak tersedia panduan kuantitatif secara menyeluruh untuk melaksanakan anjuran-anjuran tersebut. Salah satu standar menyarankan panjang saluran masuk yang lurus sebesar 10 kali lebar saluran (lihat Gambar contoh pada Lampiran B) jika panjang ambang lebih besar dari setengah lebar saluran (lihat Gambar contoh pada Lampiran B). Akan tetapi kelokan saluran di bagian udik atau pelebaran tiba-tiba dengan jelas akan memperpanjang persyaratan saluran masuk ini. Oleh sebab itu ketepatan aliran masuk biasanya harus diperlihatkan berdasarkan kasus per kasus dengan menggunakan kecepatan balik dalam situasi yang serupa atau perkiraan analisis.

10.2 Pada beberapa keadaan dapat di[illegible]akan pelat-pelat untuk melancarkan penyebaran kecepatan. Pelat-pelat tersebut harus ditempatkan lebih dari 10 H kearah udik lokasi pengukuran tinggi muka air.
10.3 Jika aliran dalam saluran super kritis instalasi harus di desain sedemikian rupa sehingga loncatan hidraulik terbentuk sekurang-kurangnya 30 H di bagian udik dan keseragaman penyebaran kecepatan harus diperiksa.

10.4 Bentuk saluran; lebih diutamakan saluran masuk berbentuk empat persegi sekitar ambang. Akan tetapi bentuk yang lain dapat diterima asalkan kondisi kontraksi penuh terpenuhi dan luas penampang saluran sekurang-kurangnya sama besar dengan bagian empat persegi panjang yang terkecil yang terjadi pada kontraksi penuh. Saluran empat persegi panjang diperlukan pada ambang persegi panjang [illegible]kan.

11. Ambang Pada Aliran Tidak Sempurna

Bagian ini memberi informasi terbatas mengenai kinerja ambang pada aliran tidak sempurna akan tetapi sangat dianjurkan bahwa instalasi ambang tajam segi tiga didisain untuk aliran sempurna. Ini karena data dasar percobaan untuk kondisi aliran tidak sempurna, tidak cukup memadai untuk sebuah metode uji standar. Selanjutnya kondisi aliran tidak sempurna memerlukan tinggi muka air tambahan (relatif terhadap mercu atau ujung sudut) diukur di bagian hilir ambang sehingga tingkat rendaman (ratio tinggi muka air bagian hilir terhadap tinggi muka air udik) dapat ditentukan; pengukuran tersebut harus dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak terpengaruh oleh gangguan-gangguan yang terjadi di bagian hilir limpasan. Perkiraan ratio tingkat aliran tidak sempurna sampai sempurna, Qs/Q, dimana Q adalah debit hitungan keadaan aliran sempurna dari tinggi muka air udik, dapat diperoleh dari Tabel 1. Tabel menyatakan bahwa akibat pengaruh ketidak sempurnaan aliran pada ambang tajam segi tiga lebih kecil dari pada yang terjadi pada ambang empat persegi panjang.

11.1 Ditekankan bahwa Tabel 1 berdasarkan pada percobaan terbatas. Untuk ambang empat persegi panjang ketepatan mungkin tidak lebih baik dari 5% ratio terendam, di atas atau kira-kira 0,50 dan kecil dari harga H/P. Ketepatan untuk ambang segitiga 90° tidak dapat diukur tetapi diharapkan bahwa ketepatan tersebut lebih baik dari pada yang terdapat pada ambang empat persegi panjang.

12. Tabung Pengukur dan Penghubung

12.1 Tabung pengukur muka air dianjurkan untuk pengukuran tinggi muka air yang tepat; itu diperoleh jika digunakan pelampung berbentuk selinder yang ditopang tiang atau jika permukaan air dalam saluran bergelombang atau beriak.

12.2 Lahan sisi tabung pengendap ditentukan oleh persyaratan pada instrumen sekunder.

Tabel 1. Koreksi keadaan terendam

Rasio Terendam	Qs/Q Persegi panjang
0	1,000
0,1	1,007
0,2	0,978
0,3	0,939
0,4	0,895
0,5	0,842
0,6	0,778
0,7	0,698
0,8	0,589
0,9	0,435

Sebagai contoh ruang bersih antara pelampung dan tembok tabung pengukur muka air harus sekurang-kurangnya 3 cm dan harus ditingkatkan sampai 7,6 cm jika tabung pengukur terbuat dari beton atau bahan kasar lain, diameter pelampung sendiri sebagian ditentukan oleh log error yang diizinkan. Alat sensor lain juga dapat menentukan persyaratan ukuran tabung pengukur dan luas maksimum harus dibatasi. Tinggi tabung pengukur muka air harus mencukupi, untuk mengantisipasi perbedaan tekanan yang telah diketahui.

12.3 Tabung pengukur muka air dan pipa penghubung harus anti bocor. Juga harus dilakukan pembersihan dan penggelontoran tabung pengukur muka air maupun pipa penghubung untuk membuang bahan padat yang tertumpuk. Dianjurkan juga untuk menambahkan air bersih dalam jumlah kecil untuk menjaga supaya tabung pengukur, pipa penghubung, dan bagian lain tetap bersih. Aliran air tersebut harus dijaga tetap rendah sehingga tidak menimbulkan peningkatan dalam tabung pengukur muka air.

Catatan : Walaupun ambang tajam tidak akan digunakan dalam aliran dengan beban vertikal padat tetapi terdapat kemungkinan terjadi penumpukan endapan jika dilakukan pengolahan air limbah, untuk itu harus ditambah dengan alat pembilas.

12.4 Bukaan pada tembok sisi saluran sebagai penghubung langsung dengan tabung pengukur muka air atau melalui pipa harus sekurang-kurangnya berada 0,06 m di bawah muka air minimum dan mempunyai sambungan tegak lurus dengan dinding. Dinding tidak boleh kasar (sekurang-kurangnya sama dengan permukaan beton yang halus) dan berada pada radius sekurang-kurangnya 10 kali diameter lubang sekeliling pusat lubang. Lubang atau pipa harus cukup kecil untuk membasahi permukaan secara efektif tetapi jangan terlalu kecil sehingga menyebabkan hambatan pada aliran atau sangat sulit untuk tetap terbuka. Untuk aliran air bersih yang cukup tetap diperlukan diameter sebesar 1,3 cm. Jika aliran deras maka ukuran pipa penghubung yang diperlukan untuk membatasi air dalam tabung pengukur muka air dapat ditentukan berdasarkan prinsip-prinsip hidraulik.

12.5 Kelengkapan Pendukung

12.5.1 Sistem kelengkapan pendukung untuk melakukan pemantauan ketinggian muka air secara terus-menerus sekurang-kurangnya memerlukan alat ukur kedalaman (tinggi muka air) dan sebuah pencatat yang memungkinkan pengguna untuk menentukan debit dari hubungan tinggi muka air-debit. Cara lain adalah bahwa sistem kelengkapan pendukung dapat mengubah tinggi muka air terukur menjadi debit yang tercatat, atau kedua-duanya dan menjumlahkan aliran untuk seterusnya melanjutkan informasi ke lokasi pusat.

12.5.2 Pengukuran tinggi muka air secara terus menerus dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa tipe alat ukur, tetapi tidak terbatas pada alat-alat tersebut yaitu :

1) Pelampung, misalnya jenis berbentuk silinder atau scow.
2) Alat ukur sensor bertekan, misalnya buble tube, diaphragm gage dan
3) Alat ukur sensor elektrik, misalnya resistance, capacitance, oscillating probe.

13. Kalibrasi

13.1 Diperlukan kalibrasi di tempat untuk seluruh sistem ambang tajam segi tiga supaya diperoleh ketepatan jika tidak terdapat standar tertentu. Kalibrasi kelengkapan pendukung sudah cukup asalkan ambang memenuhi semua persyaratan pembuatan.

13.2 Kalibrasi kelengkapan pendukung

1) Buat pengukuran tinggi muka air acuan yang indipenden berskala atau pointgage untuk memeriksa kelengkapan pendukung. Pengukuran-pengukuran ini paling tepat dilakukan dalam tabung pengukur tinggi muka air atau tabung tambahan jika diperlukan. Titik 0 pada skala atau pointgage harus mengacu terhadap ketinggian mercu atau ujung sudut.

2) Bandingkan tinggi muka air acuan dengan tinggi muka air yang terlihat pada kelengkapan pendukung. Jika bacaan pada alat sekunder adalah dalam debit bandingkan debit tersebut dengan debit yang diperoleh dari tinggi muka air acuan pada persamaan 1. Pengulangan proses untuk beberapa tinggi muka air akan menyatakan apakah diperlukan penyesuaian titik 0 atau pengaturan jarak. Pengulangan titik-titik terpisah akan memberi informasi ketepatan sistem.

13.3 Kalibrasi sistem secara keseluruhan

13.3.1 Metode; cara untuk mengkalibrasi ambang tajam dipelajari pada metode uji D 3858).

13.3.2 Tidak terdapat metoda kalibrasi tunggal yang dapat digunakan untuk semua situasi lapangan, dan sering metode yang tercantum pada butir 12.3.1 dapat dipertimbangkan. Misalnya tabung dan pipa penghubung yang tepat untuk kalibrasi volume secara langsung untuk aliran besar jarang tersedia, maupun misalnya alat ukur debit acuan, alat ukur venturi atau orifice, hanya dapat digunakan jika tersedia jarak masuk yang tepat. Penentuan metoda yang dapat digunakan menentukan kalibrasi aliran dengan pengulangan untuk menentukan hubungan tinggi muka air-debit. Pengukuran tinggi muka air selama uji coba dilakukan dengan menggunakan alat ukur skala. Lakukan kalibrasi pada kelengkapan pendukung secara terpisah sehingga dikemudian hari pemeriksaan kinerja hanya perlu dilakukan pada kelengkapan pendukung asalkan kondisi yang mencakup kelengkapan utama tidak berubah.

Lampiran A
Daftar Istilah

Ambang	:	*Weir*
Ambang tajam segi tiga	:	*Triangular weir*
Kontraksi	:	*Contractions*
Pelat ambang	:	*Weir plate*
Debit	:	*Discharge*
Koefisien debit	:	*Discharge coefficient*
Pengudaraan	:	*Aeration*
Tabung gelembung	:	*Buble tube*
Dinding ukur	:	*Diaphragm gage*
Tahanan	:	*Resistance*
Kapasitas pengisian	:	*Capacitance*
Deteksi oksilasi	:	*Oscilating probe*

Lampiran B
Daftar Nama dan Lembaga

1) Pemrakarsa
Pusat Litbang Teknologi SDA, Badan Litbang Kimbangwil

2) Penyusun

NAMA	LEMBAGA
Drs. Erman Marwardi, Dipl.AIT.	Pusat Litbang Teknologi SDA
Ir. S a r w a n	Pusat Litbang Teknologi SDA

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id